

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In Re Application of:

Kazuaki SAIKI and Tomohide HAMADA

Attorney Docket No.:

001.0080

Serial No.

NOT ASSIGNED

Group No.:

NOT ASSIGNED

Examiner:

NOT ASSIGNED

1525 U.S. PTO
09/31/99
08/11/99
PRIORITY
PAPER
2-3-00
R. Stokes

Filed:

August 11, 1999

For:

EXPOSURE DEVICE

CLAIM FOR FOREIGN PRIORITY PURSUANT TO 35 USC § 119 & 37 CFR § 1.55

Assistant Commissioner for Patents
United States Patent and Trademark Office
Washington, DC 20231

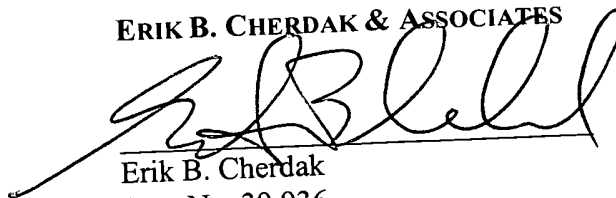
S I R:

The Applicants, through counsel, hereby claim priority pursuant to 35 USC § 119 based on their earlier foreign filing in Japan of Japanese Patent Application No. 10-227065, filed August 11, 1998 and Japanese Patent Application No. 10-248902, filed September 3, 1998. A certified copy of that applications are attached hereto. It is respectfully requested that this paper and the aforementioned certified copies of Japanese Patent Application Nos. 10-227065 and 10-248902 be placed into the official files pertaining to the above-titled U.S. patent application and that the same be processed appropriately.

It is believed that no fees are due for the filing of this paper.

Respectfully submitted,

ERIK B. CHERDAK & ASSOCIATES


Erik B. Cherdak
Reg. No. 39,936

711 CHESTERTOWN STREET
NORTH POTOMAC, MARYLAND 20878
(301) 990-7700
Fax (301) 527-0586
Date: 8/11/1999

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1998年 9月 3日

出 願 番 号

Application Number:

平成10年特許願第248902号

出 願 人

Applicant (s):

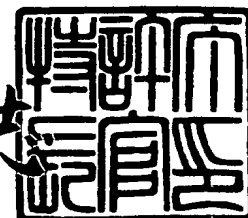
株式会社ニコン

1999年 7月 2日

特許庁長官

Commissioner,
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平11-3047062

【書類名】 特許願

【整理番号】 98-00932

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027
H01L 21/68

【発明の名称】 ステージ装置及び露光装置

【請求項の数】 6

【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコ
 ン内
 【氏名】 佐伯 和明

【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコ
 ン内
 【氏名】 浜田 智秀

【特許出願人】
 【識別番号】 000004112
 【氏名又は名称】 株式会社 ニコン

【代理人】
 【識別番号】 100102901
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 立石 篤司
 【電話番号】 03-3354-4251

【代理人】
 【識別番号】 100099793
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 川北 喜十郎
 【電話番号】 03-5362-3180

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 053132

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ステージ装置及び露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体を保持して移動可能な第 1 ステージと、前記第 1 ステージを少なくとも第 1 方向に駆動する駆動機構とを有するステージ装置において、
前記第 1 ステージは、前記駆動機構の可動部を少なくとも有する第 1 部分と、前記物体を保持する第 2 部分と、を有し、

前記第 1 部分の所定の計測方向の位置を計測する第 1 の位置計測装置と、

前記第 1 の位置計測装置の計測結果に基づいて、前記物体の少なくとも前記第 1 方向の位置を制御すべく、前記駆動機構を制御する第 1 のステージ制御系とを備えたことを特徴とするステージ装置。

【請求項 2】 前記第 2 部分の所定の計測方向の位置を計測する第 2 の位置計測装置を備え、

前記第 1 のステージ制御系は、前記第 1 部分と前記第 2 部分との前記第 1 方向の位置の誤差を補償すべく、前記第 1、第 2 の位置計測装置の計測結果に基づいて前記駆動機構を更に制御することを特徴とする請求項 1 に記載のステージ装置。

【請求項 3】 前記第 1 部分と第 2 部分とは一体的に形成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のステージ装置。

【請求項 4】 前記第 1 ステージとは異なる第 2 ステージと、

前記第 2 部分の所定の計測方向の位置を計測する第 2 の位置計測装置と、

前記第 2 の位置計測装置の計測結果に基づいて、前記第 1 ステージと前記第 2 ステージとが所定の位置関係になるように、前記第 2 ステージを制御する第 2 のステージ制御系と、を備えることを特徴とする請求項 1 に記載のステージ装置。

【請求項 5】 所定のパターンを基板上に転写する露光装置であって、

請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載のステージ装置を備え、

前記第 1 ステージの前記第 2 部分に前記基板が載置されることを特徴とする露光装置。

【請求項 6】 マスクと基板とを同期移動して前記マスクのパターンを基板

上に転写する露光装置であって、

請求項 4 に記載のステージ装置を備え、

前記第 1 ステージ及び前記第 2 ステージの一方が前記マスクが載置されるマスクステージであり、他方が前記基板が載置される基板ステージであることを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ステージ装置及び露光装置に係り、さらに詳しくは、液晶ディスプレイパネル、集積回路、薄膜磁気ヘッド等のデバイスを製造するためのリソグラフィ工程で用いられる露光装置及びこの露光装置に好適なステージ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、液晶ディスプレイパネル、集積回路等を製造するためのリソグラフィ工程では、マスクのパターンを基板上に転写する種々の露光装置が用いられている。例えば、液晶用の露光装置としては、ステップ・アンド・リピート方式の静止露光型の投影露光装置（いわゆる液晶ステッパ）や、マスクステージとプレートステージとを投影光学系に対して同一方向に走査して、マスクのパターンをプレート（ガラス基板）上に転写する一括転写方式の走査型露光装置などの投影露光装置が主として用いられている。また、最近では、液晶ディスプレイパネルの大型化、これに伴うプレートの大型化等に対応してステッパと同様に 1 枚のプレートに対して複数ショットの露光を行うが、ステッパに比べて大面積の露光が可能なステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（スキャニング・ステッパ）も開発されている。

【0003】

図 5 には、上記の一括転写方式（あるいはステップ・アンド・スキャン方式）の走査型露光装置が、ステージ系を中心として示され、図 6 には、この図 5 の制御装置（コントローラ）101 を中心として構成されるステージ制御装置の構成

が示されている。

【0004】

図5において、マスクステージMSTとプレートステージPSTとは、投影光学系PLを保持する本体コラム102を構成する上部定盤102a及び下部定盤102b上に不図示のエアパッドをそれぞれ介して支持され、リニアモータ104、106によって紙面内左右方向（以下、「走査方向」と呼ぶ）に駆動されるようになっている。マスクステージMSTを駆動するリニアモータ104の固定子104aは、上部定盤102aに固定され、その可動子104bはマスクステージMSTに固定されている。また、マスクステージMSTの走査方向の位置は、本体コラム102に固定されたマスクステージ位置計測用レーザ干渉計108によって常時計測される。

【0005】

プレートステージPSTを駆動するリニアモータ106の固定子106aは、下部定盤102bに固定され、その可動子106bはプレートステージPSTの底部に固定されている。プレートステージPSTは、前記可動子106bが固定される移動テーブル110と、この移動テーブル110上にZ・ θ 駆動機構114を介して搭載された基板テーブル116とを備えている。基板テーブル116の走査方向の位置は、本体コラム102に固定されたプレートステージ位置計測用レーザ干渉計112によって常時計測される。

【0006】

次に、ステージ制御装置による各ステージの制御の仕組みについて、図6を参照して説明する。

【0007】

図6に示されるように、干渉計112、減算器118、プレートステージサーボ演算部120、プレートステージ駆動アンプ122及びこのアンプ122から出力される駆動信号S2によって駆動されるリニアモータ106によって、プレートステージPSTの位置制御ループが構成されている。また、干渉計112からのプレートステージ位置情報S1が、差分器（すなわち微分器）124を介してプレートステージサーボ演算部120にフィードバック入力されており、これ

により位置制御ループの内部ループ（マイナーループ）として速度制御ループが構成されている。前記位置制御ループの減算器 118 に対し目標値出力部 126 から目標位置が入力されている。このようにして構成されたプレートステージ P S T の位置・速度制御ループによって、目標位置と干渉計 112 の出力との差である位置偏差が零となるようなプレートステージの位置・速度制御が行われる。

【0008】

上記と同様に、干渉計 108、減算器 128、マスクステージサーボ演算部 130、マスクステージ駆動アンプ 132 及びこのアンプ 132 から出力される駆動信号 S4 によって駆動されるリニアモータ 104 によって、マスクステージ M S T の位置制御ループが構成されている。この位置制御ループの減算器 128 に対し、干渉計 112 の出力であるプレートステージ位置情報 S1 が目標位置として入力されている。従って、マスクステージ M S T の位置制御ループにより、干渉計 112 の出力 S1 と干渉計 108 の出力 S3 との差である位置偏差が零となるような、プレートステージ P S T に対するマスクステージ M S T の追従制御が行われる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

一般に、閉ループ制御系にあっては、帯域幅（閉ループ周波数特性のゲインが、周波数 $\omega \rightarrow 0$ における低周波ゲインの $\sqrt{1/2}$ 倍になる周波数、dB ゲインで表現すると、 $\omega \rightarrow 0$ の低周波ゲインより 3 dB（デシベル）低下する周波数）が、どれほどの周波数成分まで、系が入力を忠実に追従し得るかという目安を与えるが、本明細書においては、この帯域幅に代えて、ゲインが $\omega \rightarrow 0$ における低周波ゲイン（通常 0 dB）から低下し始める周波数を応答帯域（サーボ応答帯域ともいう）として定義するものとする。

【0010】

そうすると、図 6 のようなステージ制御系にあっては、プレートステージ位置・速度制御ループの応答帯域により、例えば走査露光時に行われるプレートステージの一定速度制御（等速度制御）の際の加減速度、整定特性、速度むら、あるいは、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置の場合のショット間ステップ

ング時等に行われるプレートステージの位置決め制御の際の加減速度整定特性、位置決め精度等のプレートステージ制御性能が決定されると言える。

【0011】

しかしながら、上記従来のステージ制御装置にあっては、駆動源であるリニアモータ 106 から離れた基板テーブル 116 の位置を、干渉計 112 によって計測しており、この基板テーブル 116 とリニアモータ 106 の可動子 106b が固定された移動テーブル 110 との間には、プレートステージの走査方向の位置制御とは無関係の $Z \cdot \theta$ 駆動機構 114 が存在し、周波数の低い機械的な固有振動が共振モードとしてプレートステージ位置・速度制御ループ内に含まれる。この場合、例えば、プレートステージ駆動の際に、上記 $Z \cdot \theta$ 駆動機構 114 の固有振動が発生すると、この固有振動の影響を受けた基板テーブル 116 の位置情報が位置制御ループ内にフィードバック入力されるため、プレートステージの位置・速度制御が困難となるので、このような事態の発生を防止する必要がある。このような理由により、従来のステージ制御系にあっては、プレートステージの位置・速度制御ループの応答帯域を十分に広げることができず、この結果プレートステージ制御性能を必ずしも十分に高くすることができないという不都合があった。

【0012】

図 7 (A)、(B) には、上記の固有振動の振動数を 60 Hz とした場合の従来のステージ制御系におけるプレートステージ P S T の位置制御ループの周波数応答特性におけるゲイン特性、位相特性がそれぞれ示されている。この図 7 から明らかなように、プレートステージの応答帯域は約 10 Hz 程度となっている。

【0013】

また、プレートステージ制御性能を十分に高くすることができない結果、プレートステージ P S T の加減速終了後に発生するオーバーシュート（入力に急激な変化が起こった場合のシステムの応答が期待される値を超えること；行き過ぎ量）、アンダーシュート（オーバーシュートの逆で、入力に急激な変化が起こった場合のシステムの応答が期待される値に届かないこと；行き足りない量）が大きくなり、プレートステージの位置を位置指令として行われるマスクステージの追

従制御性能が悪化するという不都合もあった。

【0014】

ところで、上述したプレートステージと同様の問題は、Yステージの上部にXステージの駆動機構を介してXステージを搭載する2段構造のXYステージや、粗動ステージの上方に駆動機構を介して微動ステージを搭載するいわゆる粗微動構造のレチクルステージの制御系においても同様に生じ得る。

【0015】

本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第1の目的は、ステージの制御性能を向上させることができるステージ制御装置を提供することにある。

【0016】

また、本発明の第2の目的は、スループット及びパターンの転写精度の向上を図ることができる露光装置を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る第1のステージ装置は、物体(P)を保持して移動可能な第1ステージ(PST)と、前記第1ステージを少なくとも第1方向に駆動する駆動機構(16)とを有するステージ装置において、前記第1ステージは、前記駆動機構の可動部(16b)を少なくとも有する第1部分(22)と、前記物体を保持する第2部分(19)と、を有し、前記第1部分の所定の計測方向の位置を計測する第1の位置計測装置(24)と、前記第1の位置計測装置の計測結果に基づいて、前記物体の少なくとも前記第1方向の位置を制御すべく、前記駆動機構を制御する第1のステージ制御系(L1)とを備えたことを特徴とする。

【0018】

これによれば、第1ステージは、駆動機構の可動部を少なくとも有する第1部分と、物体を保持する第2部分と、を有し、駆動機構によって少なくとも第1方向に駆動されるようになっている。また、第1のステージ制御系では、第1の位置計測装置の計測結果に基づいて、前記物体の少なくとも第1方向の位置を制御すべく、駆動機構を制御する。

【0019】

すなわち、第1のステージ制御系は、位置制御の対象である物体を保持する第2部分の位置計測結果ではなく、駆動機構の可動部を有する第1部分の位置計測結果に基づいて駆動機構を制御するので、例えば、第1部分と第2部分との間に何らかの原因による機械的な固有振動が生じても、第1のステージ制御系内に機械的な固有振動が共振モードとして含まれないことから、結果的に第1のステージ制御系の応答帯域を広げることができる。従って、機械的固有振動の影響を回避してステージ（第1ステージ）の制御性能を向上させることができる。

【0020】

ここで、「駆動機構の可動部を少なくとも有する第1部分」とは、ステージの第1部分が駆動機構の可動部によって構成される場合、及び、第1部分と可動部とは別部材であるが、その可動部が第1部分に固定されている場合のいずれの場合をも含む。従って、第1の計測装置の計測ポイントも前記可動部及び前記別部材のいずれに設定しても良い。

【0021】

また、第1の位置計測装置の計測方向は、前記第1方向と一致する方向であることが望ましいが、これ以外の方向（但し、第1方向に直交する方向は除く）であっても良い。かかる場合にも、三角関数演算により第1部分の第1方向の位置を求めることができるからである（後述する第2の位置計測装置において同じ）。

【0022】

上記第1のステージ装置において、前記第2部分（19）の所定の計測方向の位置を計測する第2の位置計測装置（25）を備えている場合には、前記第1のステージ制御系（L1）は、前記第1部分（22）と前記第2部分との前記第1方向の位置の誤差を補償すべく、前記第1、第2の位置計測装置（24、25）の計測結果に基づいて前記駆動機構（16）を更に制御しても良い。かかる場合、第1のステージ制御系が、第1部分と第2部分との第1方向の位置の誤差を補償すべく、第1、第2の位置計測装置の計測結果に基づいて駆動機構を更に制御するので、結果的に第2部分、従ってこれに保持された物体を所望の位置に正確に位置決めすることができる。

【0023】

なお、上記第1ステージを構成する第1部分と第2部分とは、別々の部材から成り、ある程度の自由度を持って相互に連結されていても良いが、第1部分と第2部分とは一体的に形成されていても良い。この「一体的に形成」とは、同一部材の一体成形は勿論、別部材同士を強固に固定した場合の双方を含む。

【0024】

また、本発明に係る第2のステージ装置は、上記第1のステージ装置において、前記第1ステージ（PST）とは異なる第2ステージ（MST）と、前記第2部分（19）の所定の計測方向の位置を計測する第2の位置計測装置（25）と、前記第2の位置計測装置の計測結果に基づいて、前記第1ステージと前記第2ステージとが所定の位置関係になるように、前記第2ステージを制御する第2のステージ制御系（L2）と、を備えることを特徴とする。

【0025】

これによれば、上記第1のステージ装置により第1ステージの位置制御性能を向上させることができるので、第1ステージの加減速終了後のオーバーシュート及びアンダーシュートに起因する位置誤差を小さくできる。このため、第2の位置計測装置による第2部分の所定の計測方向の位置の計測結果に含まれる誤差が小さくなり、この第2の位置計測装置の計測結果に基づいて行われる第1ステージに対する第2ステージの位置関係の調整のための第2ステージの制御性能が向上する。

【0026】

また、本発明に係る第1の露光装置は、所定のパターンを基板（P）上に転写する露光装置であって、前記第1のステージ装置を備え、第1ステージ（PST）の前記第2部分（19）に前記基板が載置されることを特徴とする。

【0027】

これによれば、第1のステージ装置により、前述の如く、応答帯域の拡大により第1ステージの制御性能を向上させることができる結果、第1ステージの第2部分に載置された基板の位置決め整定時間、位置決め精度の向上が可能である。従って、スループットの向上とパターンの転写精度の向上を両立させることがで

きる。

【0028】

また、本発明に係る第2の露光装置は、マスク（M）と基板（P）とを同期移動して前記マスクのパターンを基板上に転写する露光装置であって、前記第2のステージ装置を備え、前記第1ステージ及び前記第2ステージの一方が前記マスクが載置されるマスクステージ（MST）であり、他方が前記基板が載置される基板ステージ（PST）であることを特徴とする。

【0029】

これによれば、上記第2のステージ装置では、第1のステージ制御系による第1ステージの位置制御性能を向上させることができるとともに、第2のステージ制御系による第1ステージに対する第2ステージの位置関係の調整のための第2ステージの制御性能を向上することができる。従って、第1ステージ及び第2ステージの一方がマスクが載置されるマスクステージであり、他方が基板が載置される基板ステージである場合には、走査露光時のマスクステージと基板ステージとの同期整定時間及び等速同期制御をより高精度に行うことができる。これにより、スループットの向上とマスクと基板との重ね合わせ精度（パターンの転写精度）の向上を図ることができる。

【0030】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態を図1～図4に基づいて説明する。図1には、一実施形態の露光装置10の構成が概略的に示されている。この露光装置10は、液晶表示素子パターンが形成されたマスクMと、第1ステージとしてのプレートステージPSTに保持された基板（及び物体）としてのガラスプレート（以下、「プレート」という）Pとを、投影光学系PLに対して第1方向、すなわち所定の走査方向（ここでは、図1のY軸方向（紙面内左右方向）とする）に沿って同一速度で同一方向に相対走査することにより、マスクMに形成されたパターンをプレートP上に転写する等倍一括転写型の液晶用走査型露光装置である。

【0031】

この露光装置10は、露光用照明光ILによりマスクM上の所定のスリット状

照明領域（図 1 の X 軸方向（紙面直交方向）に細長く延びる長方形の領域又は円弧状の領域）を照明する照明系 IOP、パターンが形成されたマスク M を保持して Y 軸方向に移動する第 2 ステージとしてのマスクステージ MST、マスク M の上記照明領域部分を透過した露光用照明光 IL をプレート P に投射する投影光学系 PL、プレート P を保持して Y 軸方向に移動するプレートステージ PST、マスクステージ MST 及びプレートステージ PST を支持するとともに投影光学系 PL を保持する本体コラム 12、及び前記両ステージ MST、PST を制御する制御装置 11 等を備えている。

【0032】

前記照明系 IOP は、例えば特開平 9-320956 号公報に開示されように、光源ユニット、シャッタ、2 次光源形成光学系、ビームスプリッタ、集光レンズ系、視野絞り（ブラインド）、及び結像レンズ系等（いずれも図示省略）から構成され、次に述べるマスクステージ MST 上に載置され保持されたマスク M 上の上記スリット状照明領域を均一な照度で照明する。

【0033】

マスクステージ MST は、不図示のエアパッドによって、本体コラム 12 を構成する上部定盤 12a の上面の上方に数ミクロン程度のクリアランスを介して浮上支持されており、駆動機構 14 によって Y 軸方向に駆動される。

【0034】

マスクステージ MST を駆動する駆動機構 14 としては、ここではリニアモータが用いられているので、以下、この駆動機構をリニアモータ 14 と呼ぶ。このリニアモータ 14 の固定子 14a は、上部定盤 12a の上部に固定され、Y 軸方向に沿って延設されている。また、リニアモータ 14 の可動子 14b はマスクステージ MST に固定されている。また、マスクステージ MST の Y 軸方向の位置は、本体コラム 12 に固定されたマスクステージ位置計測用レーザ干渉計（以下、「マスク用干渉計」という）18 によって投影光学系 PL を基準として所定の分解能、例えば数 nm 程度の分解能で常時計測されている。このマスク用干渉計 18 で計測されるマスクステージ MST の Y 位置情報 S3 は、制御装置 11 に供給されている（図 2 参照）。

【0035】

前記投影光学系 PL は、本体コラム 12 の上部定盤 12 a の下方に配置され、本体コラム 12 を構成する保持部材 12 c によって保持されている。投影光学系 PL としては、ここでは等倍の正立正像を投影するものが用いられている。従って、照明系 IOP からの露光用照明光 IL によってマスク M 上の上記スリット状照明領域が照明されると、その照明領域部分の回路パターンの等倍像（部分正立像）がプレート P 上の前記照明領域に共役な被露光領域に投影されるようになっている。なお、例えば、特開平 7-57986 号公報に開示されるように、投影光学系 PL を、複数組の等倍正立の投影光学系ユニットで構成しても良い。

【0036】

前記プレートステージ PST は、投影光学系 PL の下方に配設され、不図示のエアパッドによって、本体コラム 12 を構成する下部定盤 12 b の上面の上方に数ミクロン程度のクリアランスを介して浮上支持されている。このプレートステージ PST は、駆動機構としてのリニアモータ 16 によって Y 軸方向に駆動される。このリニアモータ 16 の固定子 16 a は、下部定盤 12 b に固定され、Y 軸方向に沿って延設されている。また、リニアモータ 16 の可動部としての可動子 16 b はプレートステージ PST の底部に固定されている。

【0037】

プレートステージ PST は、前記リニアモータ 16 の可動子 16 b が固定された第 1 部分としての移動テーブル 22 と、この移動テーブル 22 上に搭載された Z・ θ 駆動機構 20 と、この Z・ θ 駆動機構 20 の上部に載置された第 2 部分としての基板テーブル 19 とを備えている。この基板テーブル 19 上にプレート P が載置され、不図示のバキュームチャックを介して吸着固定されている。また、この基板テーブル 19 は、Z・ θ 駆動機構 20 によって、上下方向及び回転方向に微少駆動されるようになっている。

【0038】

前記移動テーブル 22 の Y 軸方向の位置は、本体コラム 12 に固定された第 1 の位置計測装置としての第 1 のプレート用干渉計 24 によって投影光学系 PL を基準として所定の分解能、例えば数 nm 程度の分解能で常時計測されている。こ

の第1のプレート用干渉計24で計測される移動テーブル22のY位置情報S0は、制御装置11に供給されている（図2参照）。

【0039】

また、前記基板テーブル19のY軸方向の位置は、本体コラム12に固定された第2の位置計測装置としての第2のプレート用干渉計25によって投影光学系PLを基準として所定の分解能、例えば数nm程度の分解能で常時計測されている。

【0040】

この第2のプレート用干渉計25としては、ここでは、Y軸方向に直交するX軸方向（図1における紙面直交方向）に所定距離Lだけ離れた2本のY軸方向の測長ビームを基板テーブル19に対して照射する2軸干渉計が用いられており、各測長軸の計測値が制御装置11（及びこれを介して不図示の主制御装置）に供給されている。この第2のプレート用干渉計25の各測長軸の計測値をY1、Y2とすると、 $Y = (Y1 + Y2) / 2$ により基板テーブル19のY軸方向の位置を求め、 $\theta = (Y1 - Y2) / L$ により基板テーブル19のZ軸回りの回転量を求めることができるが、以下の説明においては、特に必要な場合以外は、第2のプレート用干渉計25から上記のYが基板テーブル19のY位置情報S1として出力されるものとする。

【0041】

さらに、本実施形態では、プレートPのZ方向位置を計測する不図示の焦点位置検出系、例えば斜入射光式の焦点位置検出系が投影光学系PLを保持する保持部材12cに固定されており、この焦点位置検出系からのプレートPのZ位置情報が不図示の主制御装置に供給されており、主制御装置では例えば、走査露光中にこのZ位置情報に基づいてZ・ θ 駆動機構20を介してプレートPのZ位置を投影光学系PLの結像面に一致させるオートフォーカス動作を実行するようになっている。なお、主制御装置では、上記の θ （Z軸回りの回転量）に基づいてZ・ θ 駆動機構20を介して走査露光中のプレートPの回転を制御したり、あるいはマスクMとプレートPとのアライメント結果から求められる両者の回転誤差に基づいてZ・ θ 駆動機構20を介してプレートPの回転を制御したりするように

なっている。

【0042】

図2には、制御装置11を中心として構成されるステージ制御装置のブロック図が示され、図3には、このステージ制御装置と等価な制御系の制御ブロック図が示されている。

【0043】

制御装置11は、目標位置 P_{ref} 、指令速度 V_{ref} 、指令加速度 α_{ref} を出力する目標値出力部26と、この目標値出力部26から出力される目標位置 P_{ref} と第1のプレート用干渉計24から出力されるY位置情報S0、すなわち移動テーブル22のY軸方向の現在位置との差（位置偏差）を演算する減算器28と、この減算器28からの出力と目標値出力部26からフィードフォワード入力される指令速度 V_{ref} とが入力されるプレートステージサーボ演算部32と、このプレートステージサーボ演算部32の出力と目標値出力部26からフィードフォワード入力される指令加速度 α_{ref} に対応する制御量とを加算する加算器55と、この加算器55の出力をプレートステージ駆動信号S2に変換してリニアモータ16に与えるプレートステージ駆動アンプ36と、位置情報S0を差分してプレートステージサーボ演算部32に入力する差分器40とを備えている。差分器40は、前回サンプリング時の値と今回サンプリング時との値との差をサンプリングクロック間隔で除して位置情報S0の時間変化率、すなわち移動テーブル22の速度を求めるものである。

【0044】

また、制御装置11は、第2のプレート用干渉計25から出力されるY位置情報S1とマスク用干渉計18から出力されるY位置情報S3とを入力し、両者の差である基板テーブル19とマスクステージMSTとのY軸方向の位置偏差を演算する減算器44と、この減算器44からの出力が入力されるマスクステージサーボ演算部46と、このマスクステージサーボ演算部46の出力をマスクステージ駆動信号S4に変換してリニアモータ14に与えるマスクステージ駆動アンプ48とを備えている。

【0045】

前記プレートステージサーボ演算部 32 は、例えば、図 3 に示されるように、減算器 28 からの位置偏差を動作信号として（比例）制御動作を行う P コントローラ 50 と、この P コントローラ 50 から出力される速度指令値と図 2 の差分器 40 の出力に相当する図 3 の積分回路 56 の出力、すなわち移動テーブル 22 の現在速度との差である速度偏差を演算する減算器 52 と、この減算器 52 の出力と目標値出力部 26 からフィードフォワード入力される指令速度 V_{ref} とを加算する加算器 53 と、この加算器 53 の出力である速度偏差を動作信号として（比例+積分）制御動作（PI 制御動作）と位相進み補償制御とを組合せた制御動作を行う PI コントローラ 54 とを含んで構成することができる。なお、PI コントローラ 54 は、位相進み補償回路、例えば CR 回路を内蔵しているものとする。

【0046】

本実施形態では、図 2 に示される第 1 のプレート用干渉計 24、減算器 28、差分器 40、プレートステージサーボ演算部 32、プレートステージ駆動アンプ 36 及びリニアモータ 16 によって、図 3 に示される、プレートステージ PST の位置の比例制御を行う位置制御ループ LL1 と、その内部ループ（マイナーループ）を構成する上記の PI 制御動作と位相進み補償制御とを組合せた制御動作を行う速度制御ループ LL2 とを有する多重ループ制御系 L1 が構成されている。この多重ループ制御系 L1 によって、第 1 のステージ制御系としてのプレートステージ位置・速度制御系 L1 が構成されている。ここで、プレートステージ位置・速度制御系 L1 を多重ループ制御系としたのは、例えば定常速度偏差の改善を図る等のためである。

【0047】

前記マスクステージサーボ演算部 46 は、例えば、図 3 に示されるように、減算器 44 からの位置偏差を動作信号として PI 制御動作を行う PI コントローラによって構成することができる。

【0048】

本実施形態では、図 2 に示されるマスク用干渉計 18、減算器 44、マスクステージサーボ演算部 46、マスクステージ駆動アンプ 48 及びリニアモータ 14

によって、図3に示される、第2のプレート用干渉計25からの基板テーブル19のY位置情報S1を目標値とみなしてマスクステージMSTの位置制御を行う第2のステージ制御系としてのマスクステージ位置制御系L2が構成されている。このマスクステージ位置制御系L2によって、基板テーブル19のY位置情報S1を目標入力としてマスクステージMSTのプレートステージPSTに対する追従制御が行われるようになっている。なお、上記と同様の理由により、マスクステージの制御系をプレートステージ位置・速度制御系L1と同様に多重ループ制御系にしても構わない。

【0049】

さらに、本実施形態では、図2に示されるように、制御装置11の内部に、位置情報S1と位置情報S0とに基づいて、基板テーブル19の位置と移動テーブル22との位置の差（誤差）を求め、この誤差を補償するための指令値を演算する演算部38が設けられ、この演算部38の出力は、スイッチ回路42を介して、減算器28とプレートステージサーボ演算部32との間に配置された加算器30に接続されている。スイッチ回路42は、通常はオフ（OFF）となっており、必要に応じて不図示の主制御装置によりオン（ON）とされ、このスイッチ回路42がオンとなった場合に、演算部38では基板テーブル19の位置と移動テーブル22との位置の差分を積分し、その積分値を補正值（上記誤差を補償するための指令値）として上記のプレートステージ位置・速度制御系L1（具体的には、位置制御ループLL1）にフィードフォワード入力する。すなわち、演算部38とスイッチ回路42とによって基板テーブル19の位置と移動テーブル22との位置の差（誤差）を補償する補償系C1が構成されている。

【0050】

なお、制御装置11をマイクロコンピュータによって構成し、図2の各部の機能をマイクロコンピュータのソフトウェアあるいはファームウェアによって実現しても良いことは勿論である。

【0051】

ここで、上記のプレートステージ位置・速度制御系L1の具体的な制御動作を、図2を適宜参照しつつ図3に基づいて説明する。ここでは、スイッチ回路42

はオフであるものとする。

【0052】

目標値出力部 26 からプレートステージ P S T の目標位置 P_{ref} の信号が出力されると、減算器 28 によりその目標位置 P_{ref} と第 1 のプレート用干渉計 24 からの Y 位置情報 S 0 との差である位置偏差が演算され、この位置偏差を動作信号として P コントローラ 50 が比例制御動作を行い、その結果、P コントローラ 50 から速度指令値が減算器 52 に与えられる。減算器 52 では、この速度指令値と図 3 の積分回路 56 の出力である移動テーブル 22 の現在速度（実際には、図 2 の差分器 40 で演算される移動テーブル 22 の位置の前回サンプリング値と今回サンプリング値の差分によって求めた移動テーブルの速度）の差である速度偏差を演算し、加算器 53 がこの速度偏差と指令速度 V_{ref} とを加算し、指令速度 V_{ref} が加算された速度偏差を動作信号として P I コントローラ 54 が P I 制御動作と位相進み補償制御とを組合せた制御動作を行い、その結果、P I コントローラ 54 から所定の推力指令値（制御量）が加算器 55 に出力される。この加算器 55 には、指令加速度 α_{ref} がゲイン M_p/K_1 （これは、プレートステージ P S T の質量 M_p を後述する推力変換ゲイン K_1 で除した値に相当するゲインである）の作用によって変換された推力指令値（制御量）が入力されている。そして、加算器 55 では、ゲイン M_p/K_1 からの出力とプレートステージサーボ演算部 32 の出力とを加算する。そして、この加算器 55 の出力である制御量（推力指令値）が推力変換ゲイン K_1 によって力 F に変換される。この力 F は、図 3 から明らかなように、プレートステージサーボ演算部 32 の出力の推力変換値と、目標値出力部 26 からフィードフォワード入力された指令加速度 α_{ref} の推力変換値 ($M_p \cdot \alpha_{ref}$) の和に相当する。

【0053】

ここで、上記の推力変換ゲイン K_1 の動作と実際の現象との対応を説明すると、加算器 55 からの推力指令値が図 2 のプレートステージ駆動アンプ 36 に与えられ、該アンプ 36 からのプレートステージ駆動信号 S 2 がリニアモータ 16 に与えられて、リニアモータ 16 が推力 F を発生することと等価である。

【0054】

そして、プレートステージ P S T がその推力 (F) に応じた加速度 α で Y 軸方向に駆動される。このプレートステージ P S T の駆動という現象を、言い換えると、上記の推力 F がプレートステージ P S T の質量の逆数に対応するゲイン ($1/M_p$) の作用により、加速度 α に変換されることと等価である。かかる意味で、図 3 では、ゲイン ($1/M_p$) が制御系の構成要素として示されている。

【0055】

そして、上記の加速度 α が、積分回路 56、58 で順次速度、位置に変換され、速度情報が減算器 52 にフィードバック入力されるとともに、位置情報 S0 が前記減算器 28 にフィードバック入力され、このようにしてプレートステージ位置・速度制御ループ L1 によって、目標位置 P_{ref} と第 1 のプレート用干渉計 24 からの位置情報 S0 との差である位置偏差が零となるようなプレートステージ P S T の位置・速度制御が行われる。

【0056】

上述したように、本実施形態では、目標位置 P_{ref} に加え、指令速度 V_{ref} 、指令加速度 α_{ref} が、プレートステージ位置・速度制御系 L1 にフィードフォワード入力されている (図 3 参照)。これは、プレートステージの位置のフィードバックループに加え、速度及び加速度をフィードフォワードしてプレートステージ P S T を制御することにより、プレートステージ P S T を含む系全体の周波数特性を向上させ、制御装置 11 によるプレートステージ P S T の制御性、例えば位置制御応答性の一層の向上を図ったものである。

【0057】

なお、図 3 の積分回路 56、58 は実際には、存在せず、積分回路 56 の出力である速度信号は差分器 40 の出力であり、積分回路 58 の出力 S0 は、干渉計 24 の出力であるが、図 3 においては、制御ブロック図の書き方の慣習に従って積分回路 56、58 を図示しているものである。

【0058】

次に、上記マスクステージ位置制御系 L2 の具体的な制御動作を、図 2 を適宜参照しつつ図 3 に基づいて説明する。

【0059】

第2のプレート用干渉計25から位置情報S1が減算器44に入力されると、減算器44では位置情報S1とマスク用干渉計18からのY位置情報S3との差である位置偏差を演算する。次に、この位置偏差を動作信号としてPIコントローラ46がPI制御動作を行い、その結果、PIコントローラ46から所定の制御量（図2のマスクステージ駆動信号S4に対応する制御量）が出力される。そして、この制御量が推力変換ゲインK2によって力F'に変換される。この推力変換ゲインK2の動作と実際の現象との対応を説明すると、PIコントローラ46から所定の制御量が図2のマスクステージ駆動アンプ48に与えられ、該アンプ48からのマスクステージ駆動信号S4がリニアモータ14に与えられて、リニアモータ14が推力F'を発生することと等価である。

【0060】

そして、マスクステージMSTがその推力(F')に応じた加速度 β でY軸方向に駆動される。このマスクステージMSTの駆動という現象を、言い換えると、上記の推力F'がマスクステージMSTの質量の逆数に対応するゲイン($1/M_M$)の作用により、加速度 β に変換されることと等価である。かかる意味で、図3では、ゲイン($1/M_M$)が制御系の構成要素として示されている。

【0061】

そして、上記の加速度 β が、積分回路60、62で順次速度、位置に変換され、位置情報S3が前記減算器44にフィードバック入力され、このようにしてマスクステージ位置制御ループL2により、第2のプレート用干渉計25からの位置情報S1とマスク用干渉計18からの位置情報S3との差である位置偏差が零となるような、プレートステージPSTに対するマスクステージMSTの追従制御が行われる。

【0062】

本実施形態の露光装置10では、走査露光に際しては、上記図3の制御系と等価なステージ制御装置により、プレートステージPSTの一定速度制御及びこのプレートステージPSTに対するマスクステージの追従制御が、目標値出力部26からの目標位置（加減速指令に対応）に基づいて行われる。

【0063】

この場合、プレートステージ位置・速度制御系 L1 には、第 1 のプレート用干渉計 24 からの移動テーブル 22 の Y 位置情報 S0 が、プレートステージの位置情報として入力されているので、Z・ θ 駆動機構 20 の存在により、移動テーブル 22 と基板テーブル 19 との間に機械的な固有振動が発生しても、上記プレートステージ位置・速度制御系 L1 内には、前記固有振動が、共振モードとして含まれないため、サーボ応答帯域を広げることができるので、結果的にプレートステージ制御性能を向上させることができる。

【0064】

図 4 (A)、(B) には、上記の固有振動の振動数を 60 Hz としたシミュレーション結果で得られた本実施形態に係るステージ制御装置の周波数応答特性におけるゲイン特性、位相特性（ボード線図）がそれぞれ示されている。

【0065】

図 4 (A) において、符号 G1 (f) は、干渉計 24 の計測値を出力とした場合の、目標位置（入力）に対する系の応答を示すゲイン特性を示し、符号 G2 (f) は、干渉計 25 の計測値を出力とした場合の、目標位置（入力）に対する系の応答を示すゲイン特性を示す。また、図 4 (B) において、符号 P1 (f)、P2 (f) は、図 4 (A) の G1 (f)、G2 (f) に対応する位相特性をそれぞれ示す。

【0066】

図 4 (A) の G2 (f) から判るように、本実施形態では、サーボ応答帯域が約 20 Hz となっており、前述した図 7 (A) のゲイン特性と比較すると、本実施形態では約 10 Hz 応答帯域が拡大していることが判る。

【0067】

すなわち、本実施形態では、応答帯域が拡大して従来例に比べてより高い周波数成分まで、系が入力を忠実に追従できるので、結果的に、プレートステージの目標走査速度に対する整定時間を短縮することができる。換言すれば、整定時間として同一の時間を設定すると、プレートステージ PST の目標走査速度をより高速化することができる。

【0068】

また、上記の応答帯域の拡大により、プレートステージ加減速終了後のオーバーシュート及びアンダーシュートを小さくすることができ、基板テーブル 19 の位置を目標値としてマスクステージ位置制御ループ L2 によって行われるプレートステージ P S T に対するマスクステージ M S T の追従制御性能も向上もする。従って、スキャン露光のためのプレートステージ P S T とマスクステージ M S T との等速同期整定時間の短縮、あるいは両ステージ M S T、P S T の走査速度の高速化が可能となり、結果的にスループットの向上が可能である。さらに、プレートステージ P S T の制御性能及びプレートステージ P S T に対するマスクステージ M S T の追従性能が向上する結果、露光中の両ステージの等速度制御期間中においてもより理想に近い状態で両ステージの等速度制御を実現することができ、これによりマスクとプレートとの重ね合せ精度が向上し、パターンの転写精度、すなわち露光精度の向上も可能である。

【0069】

また、本実施形態においては、移動テーブル 22 の位置制御を行うことにより、プレートステージ P S T の位置制御を実現するため、厳密には、基板テーブル 19 の位置と移動テーブル 22 の位置とのずれが発生するが、走査露光中においては、投影光学系 P L 基準でのプレートステージ一定速度制御、及びこのプレートステージに対するマスクステージの追従制御によって、マスクと基板との同期制御を実現するため、結果的に不都合は生じない。

【0070】

なお、例えば、アライメント時等において、プレートステージ P S T の厳密な位置決め制御が必要な場合には、プレートステージ P S T の移動後半の減速終了後に、不図示の主制御装置により補償系 C 1 を構成するスイッチ回路 42 をオンにすることにより、演算部 38 により基板テーブル位置と移動テーブル位置との差分が時間積分され、その積分値が補正值としてプレートステージの位置制御ループ L L 1 にフィードフォワード入力され、移動テーブル 22 でなく、基板ステージ 19 を目標位置 P ref に正確に停止させることができる。

【0071】

なお、複数のレンズから構成される照明光学系、投影光学系を露光装置本体に

組み込み光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるマスクステージやプレートステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより本実施形態の露光装置を製造することができる。露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0072】

なお、上記実施形態では、本発明が等倍一括転写型の液晶用走査型露光装置に適用された場合について説明したが、これに限らず、ステップ・アンド・リピート方式の液晶用ステッパやステップ・アンド・スキャン方式の液晶用スキャニング・ステッパは勿論、半導体製造用のステッパや、スキャニング・ステッパ等の露光装置にも好適に適用することができる。また、マスクMとプレートPとを鉛直方向に沿って保持する縦型露光装置にも適用することができる。

【0073】

前述のように、本発明に係るステージ装置によれば、基板ステージの位置制御性能を向上させることができるので、特に、ステッパやスキャニング・ステッパ等の逐次移動型の露光装置に本発明を適用した場合には、ショット間ステッピング時やアライメント位置への移動時においてもスループットの向上及び位置決め性能の向上が可能である。特に、基板ステージの位置決め性能の向上には、上記実施形態中の補償系C1と同様の補償系を備えていることが望ましい。

【0074】

上記の他、電子ビーム露光装置や、X線露光装置等の露光装置の他、基板を保持して移動する基板ステージを備えた装置、例えばレーザーリペア装置等にも、本発明に係るステージ装置は適用可能である。

【0075】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1～3に記載の各発明によれば、機械的固有振動の影響を回避してステージの制御性能を向上させることができるという効果がある。

【0076】

また、請求項 4 に記載の発明によれば、第 1 ステージに対する第 2 ステージの位置関係調整のための第 2 ステージの制御性能をも向上させることができるという効果がある。

【0077】

また、請求項 5 及び 6 に記載の各発明によれば、スループット及びパターンの転写精度の向上を図ることができるという優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

一実施形態の露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図 2】

図 1 の制御装置を中心として構成されるステージ制御装置の構成を示すブロック図である。

【図 3】

図 2 のステージ制御装置と等価な制御系を示す制御ブロック図である。

【図 4】

(A)、(B) は、固有振動の振動数を 60 Hz としたシミュレーション結果で得られた本実施形態に係るステージ制御装置の周波数応答特性におけるゲイン特性、位相特性をそれぞれ示すボード線図である。

【図 5】

従来の露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図 6】

従来のステージ制御装置の構成を示すブロック図である。

【図 7】

(A)、(B) は、固有振動の振動数を 60 Hz とした場合の従来のステージ制御系（具体的にはプレートステージの位置制御ループ）の周波数応答特性におけるゲイン特性、位相特性をそれぞれ示すボード線図である。

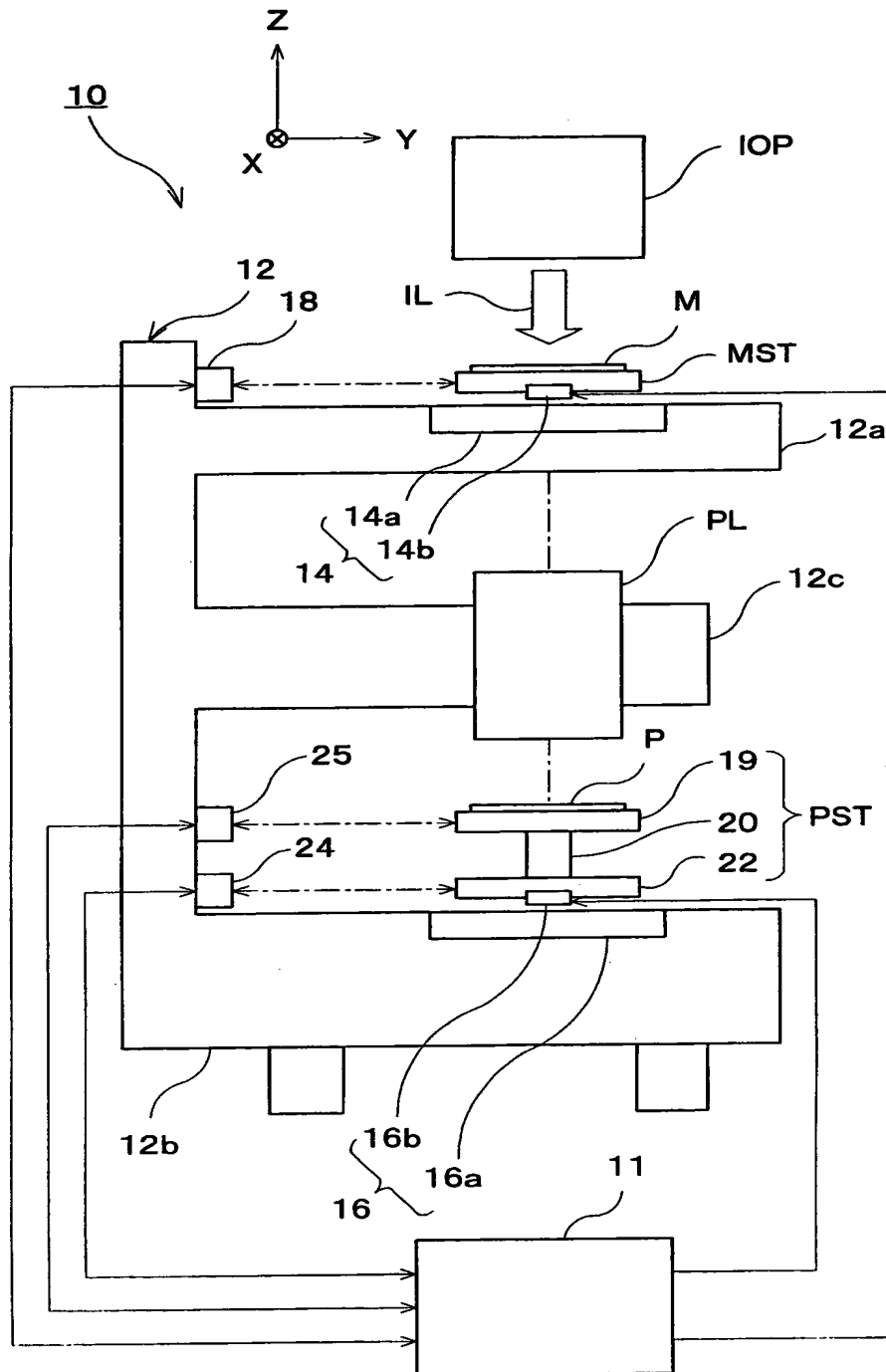
【符号の説明】

10…露光装置、16…リニアモータ（駆動機構）、16b…可動子（可動部）、19…基板テーブル（第 2 部分）、22…移動テーブル（第 1 部分）、24

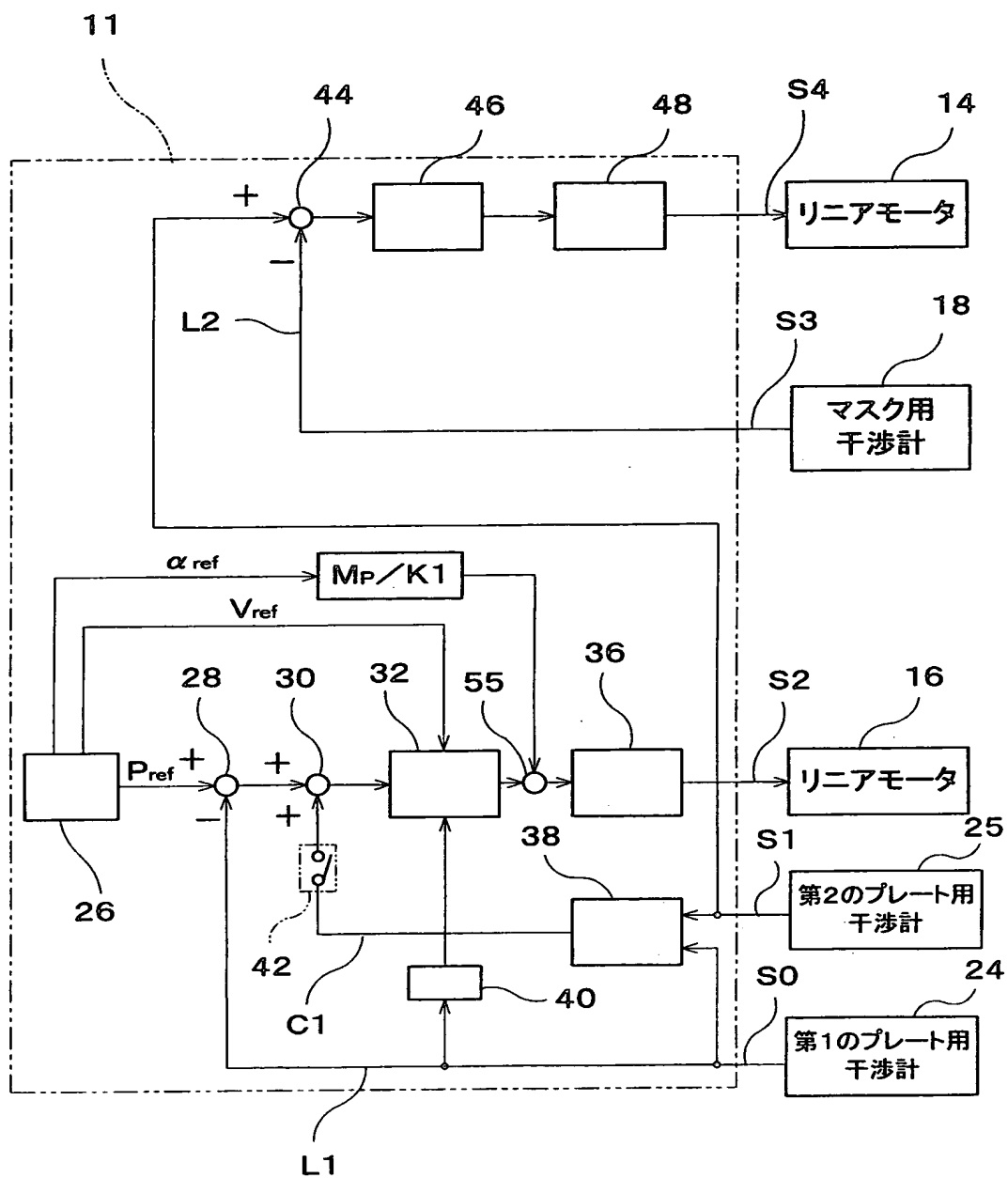
…第1のプレート用干渉計（第1の位置計測装置）、25…第2のプレート用干渉計（第2の位置計測装置）、PST…プレートステージ（第1ステージ）、L1…プレートステージ位置・速度制御系（第1のステージ制御系）、MST…マスクステージ（第2ステージ）、L2…マスクステージ位置制御系（第2のステージ制御系）、P…プレート（物体、基板）、M…マスク。

【書類名】 図面

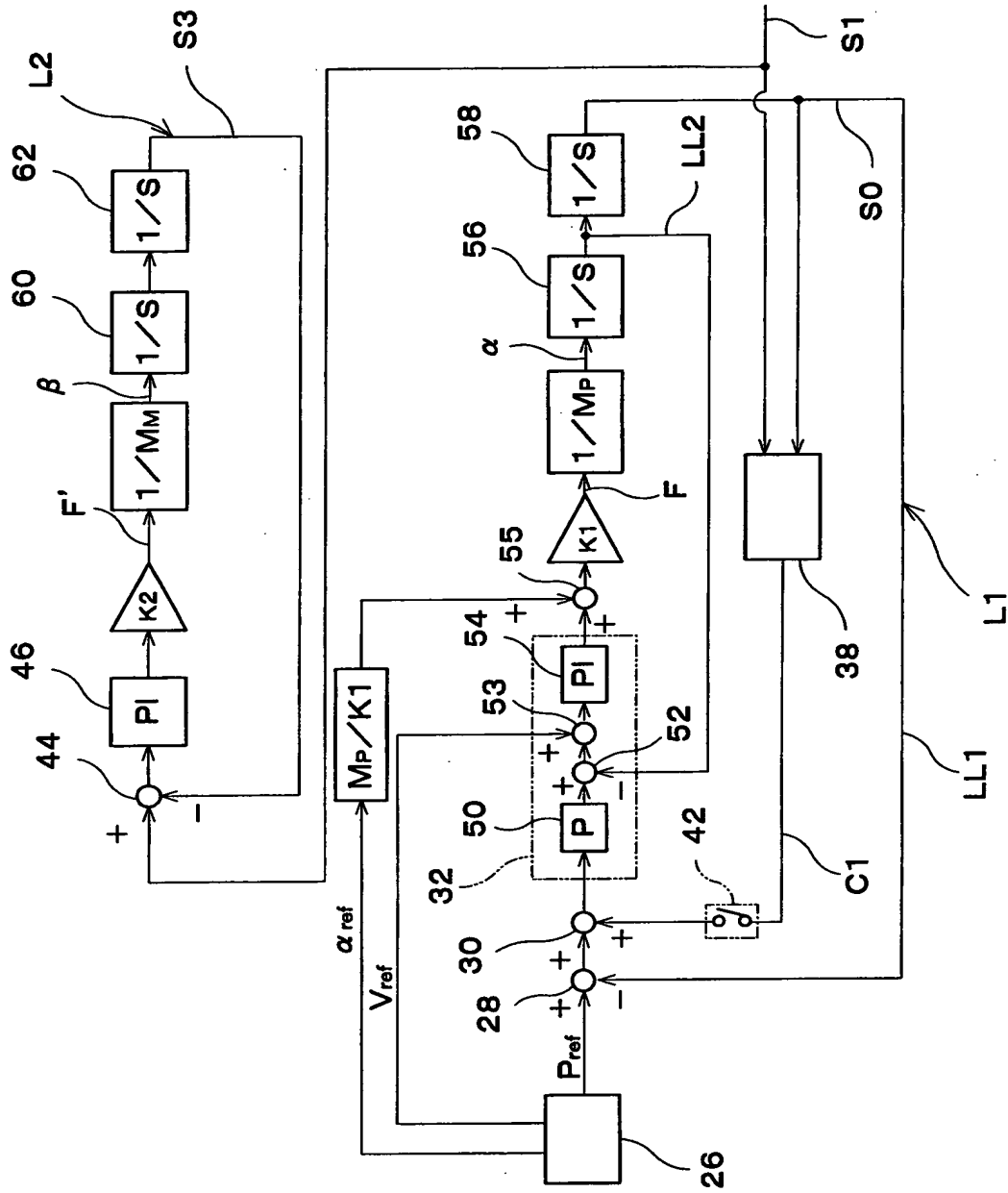
【図 1】



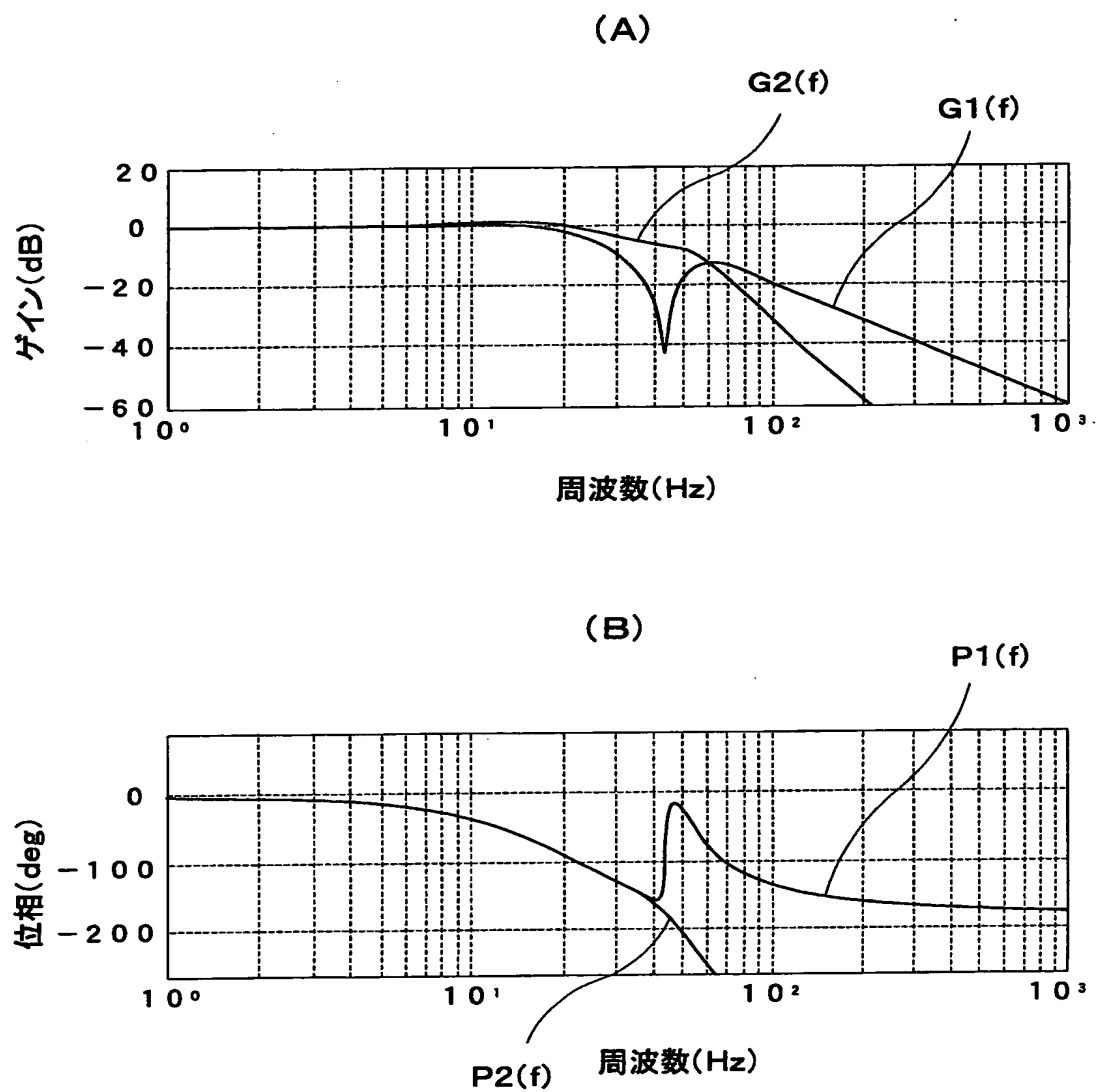
【図 2】



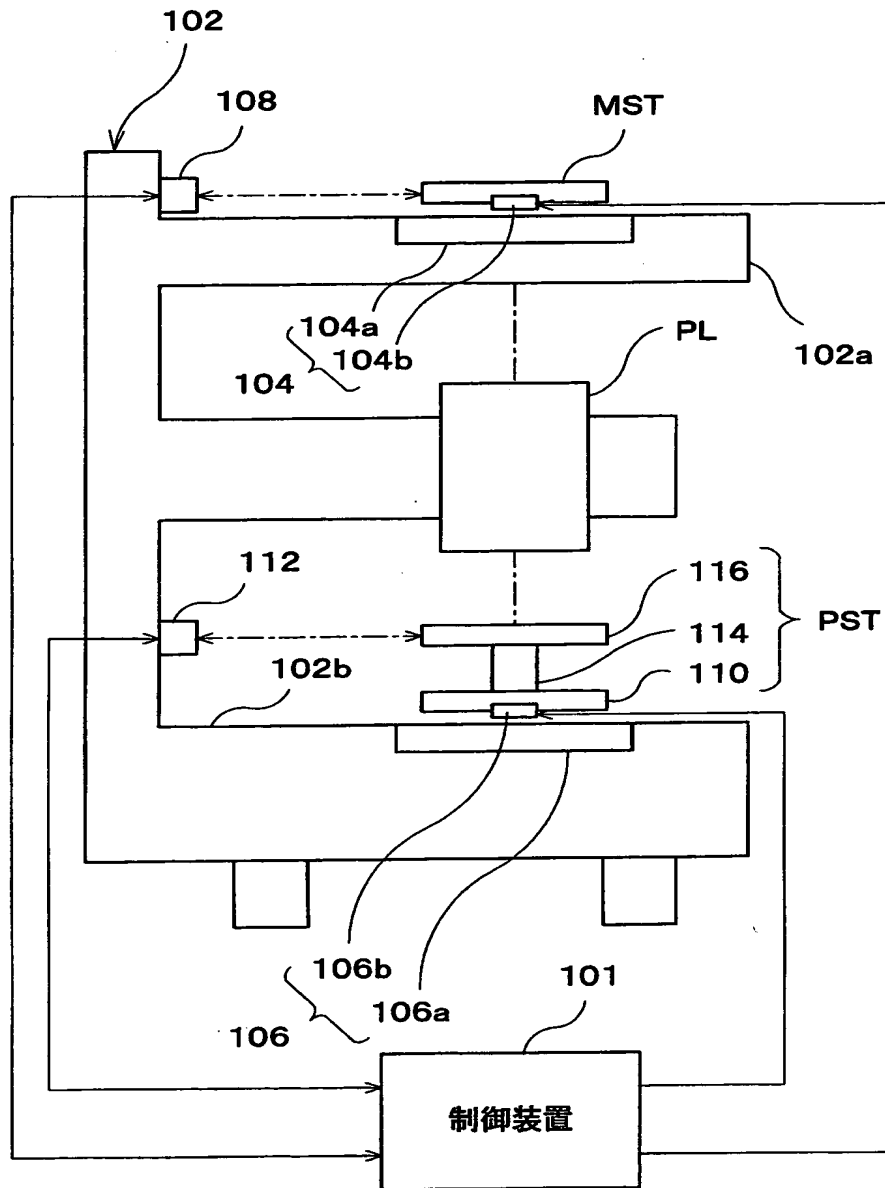
【図 3】



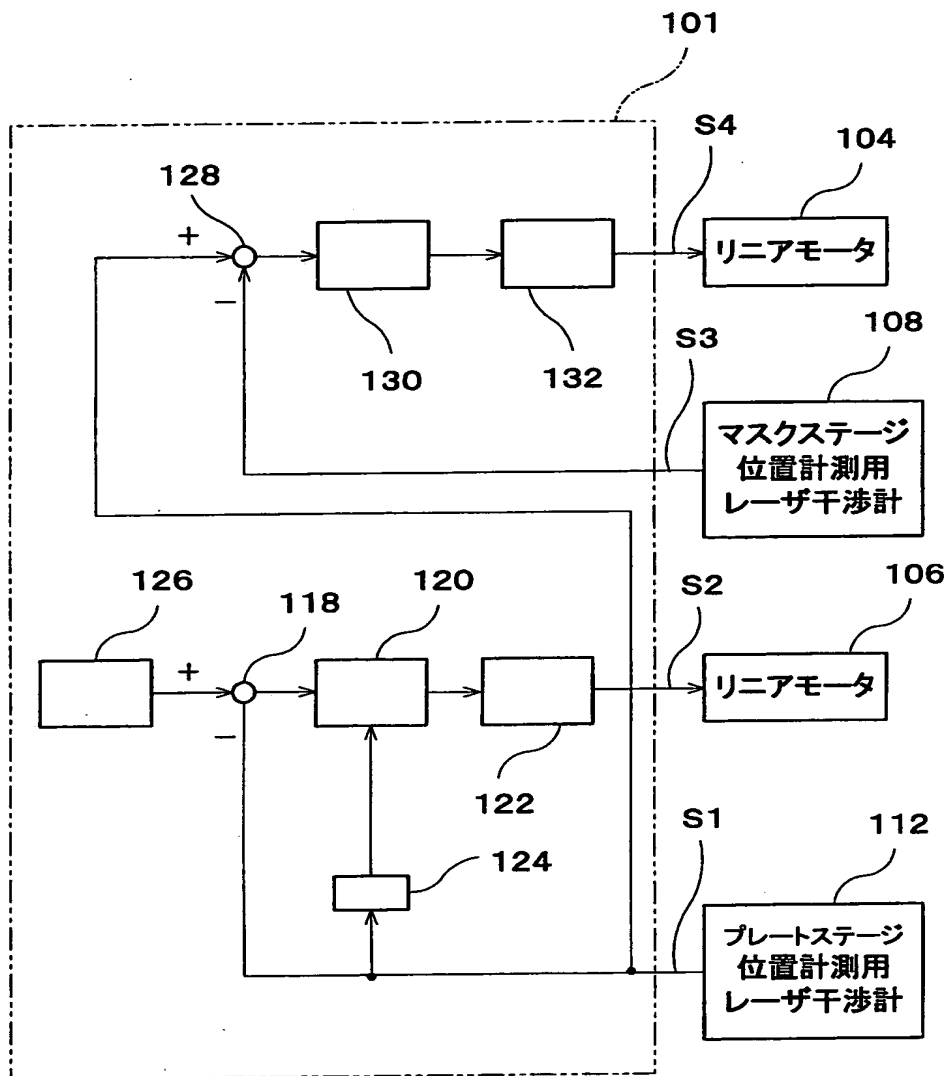
【図4】



【図 5】

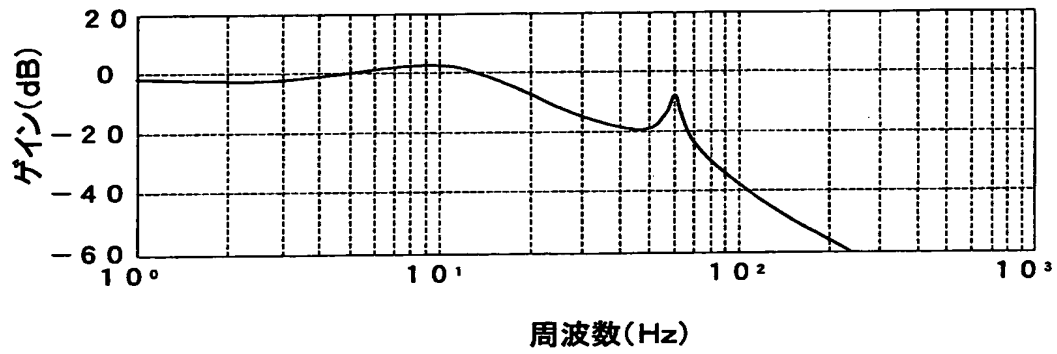


【図 6】

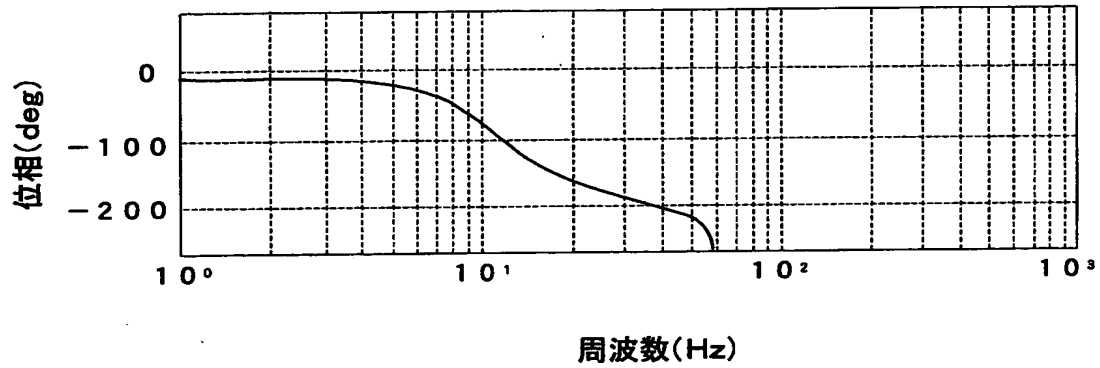


【図 7】

(A)



(B)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ステージの制御性能を向上させる。

【解決手段】 第1ステージPSTは、駆動機構16の可動部16bが設けられた第1部分22と、物体Pを保持する第2部分19とを有し、駆動機構16によってY軸方向に駆動される。制御装置11では、第1部分19の位置を計測する干渉計24の計測結果に基づいて駆動機構16を介して物体19の位置を制御する。このため、第1部分22と第2部分19との間に何らかの原因により機械的な固有振動が生じても、第1ステージの位置を制御する位置制御系内には、機械的な固有振動が共振モードとして含まれないことから、そのステージ制御系の応答帯域を広げることができる。従って、機械的固有振動の影響を回避して第1ステージの制御性能を向上させることができる。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成10年 9月 3日

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】 申請人

【識別番号】 100102901

【住所又は居所】 東京都新宿区新宿5-1-15 新宿MMビル 立
石・川北国際特許事務所

【氏名又は名称】 立石 篤司

【代理人】

【識別番号】 100099793

【住所又は居所】 東京都新宿区新宿5-1-15 新宿MMビル 立
石・川北国際特許事務所

【氏名又は名称】 川北 喜十郎

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名	株式会社ニコン